

## ダム浸透流量の増加と大規模地震に伴う地盤変位との関連性について

Relationship between increase in dam penetration and ground displacement caused by huge earthquake

○福田 晃\* 西尾 利哉\* 楠本 岳志\* 菊地 藤利\* 橋本 智雄\*\*  
 (FUKUDA Akira) (NISHIO Toshiya) (KUSUMOTO Takeshi) (KIKUCHI Fujitoshi) (HASHIMOTO Tomoo)

## 1. はじめに

ダムの安全管理、施工後の挙動監視、正常・異常の判断および対策の検討にあたり、浸透流量は測定項目として非常に重要な指標であることが指摘されている<sup>1)</sup>。また、変動要因の把握は、ダムの安全管理上、堤体からの浸透流量を監視する上でも重要である。ここでは、平成23年(2011年)東北地方太平洋沖地震(以下、「H23地震」という)後に浸透流量が増加したロックフィルダムにおいて、広域の地盤変位との関連性に着目した検討を行ったので、その結果を報告する。

## 2. 地震後におけるダム浸透流量観測値の増加状況

本ダムでは、H23地震時に監査廊に設置した地震計で128gal(上下流方向)を記録した。H23地震直後から浸透流量観測施設(以下、「漏観施設」という)の浸透流量が増加し、増加量は一時270L/minを確認した(漏観施設は1系統のため増加原因の細分は困難)。その後、平成29年度でもH23地震前と比較して150L/min程度増加した状態が続いている。この浸透流量の増加が本ダム特有のものであるか確認するため、東北農政局が所管する他のダムでの変化傾向について整理した結果、複数のダムで漏観施設の浸透流量が増加していたことが明らかとなった。一方、平成28年11月22日に発生した福島県沖の地震(以下、「H28地震」という)の際にも、本ダムでは45L/分程度の浸透流量の増加が観測されたが、およそ半月でH28地震前の水準まで戻っている。

## 3. 地震に伴う地盤の変動

H23地震時には、東北地方の地盤に $1 \times 10^{-5} \sim -6$ の正の歪が発生したとされ<sup>2)</sup>、北海道から四国地方までの広い範囲で地下水位や地下水圧、自噴量の変化も観測されている<sup>2)</sup>。これを踏まえ、本ダムの東西に配置された国土地理院の電子基準点間の基線長変化を用い、本ダム周辺における地盤の変化を検討した。

平成19年以降、地震の前後で上記の電子基準点の基線長に明瞭な変化が確認されたのは、H23地震とH28地震のみである。H23地震では、ダムの東西に位置する2地点の電子基準点がともに東方向に移動したが、移動量は東側に位置する基準点が大きく、2点間の距離が開いたことを確認した( $1 \times 10^{-5}$ 程度の正の歪<sup>2)</sup>と整合的)。一方、H28地震では2地点ともに北西に移動したが、東側の基準点の移動量が大きく、2点間が縮まり負の歪が発生した可能性が示唆される。

本ダム周辺にはリニアメントが多数分布しており、これらの方向はより広域で確認されるリニアメントと概ね整合的である。当然ながら、揺れに伴う限定的な変位の影響の可能性も考えられ性急な判断はできないが、地震に伴う広域の地盤の伸長や圧縮の影響で浸透流量が変化した可能性について、検証する余地があるものと考えられる。

\*東北農政局(Tohoku Regional Agricultural office), \*\*中央開発(株)(Chuo-Kaihatsu Co.)

[キーワード] ダム, 浸透流, 地震, 広域地盤変動, 安全性管理

#### 4. ダム基盤内の間隙水圧の変化

上記の推定を裏付けるため、ダム基盤内に設置された間隙水圧計のデータ整理を行った。その結果、H23 地震直後に水頭換算で 10m 以上の水圧低下が確認され、その後は徐々に水圧が上昇した（17 時間後に停電により観測不能）。一方、H28 地震の際には地震発生後に水圧の低下が確認されたが、1 時間後には概ね地震前の値に回復している。これは、H23 地震後の浸透流量の増加が、地盤の伸張で断層や亀裂が開き、水圧が一時的に低下した後地下水の流動が大きくなり増加に転じたためと推察されるのに対し、H28 地震時の浸透流量の増加は、地盤の圧縮により地下水が押し出されたものである可能性が考えられる。

#### 5. ダム周辺の水質の変化

本ダムの漏観施設に接続される河床ドレーンは 1 系統であり、ダム基礎部や左右岸に賦存する地下水、堤体や基礎岩盤を浸透する貯水等が分離されずに流入している。そのため、漏観施設で測定される水質はこれらの合成値であり、貯水と比較して溶存イオンが多いことが確認されており、地下水の影響を多分に受けているものと考えられる。特に左岸地山地下水の水質は、溶存イオンの量比が漏観施設と類似しており、平面・断面的な分布傾向や経時的な変化傾向も整合的である。さらに、漏観施設の溶存イオンの量比や電気伝導度は、高い貯水位を保持した期間でも、降雨や貯水位に伴うわずかな変化はみられるが顕著な変化は認められない。

以上より、本ダムにおける漏観施設の浸透流量を構成する主要な要因は、堤体下流側の地山地下水である可能性が高いと推定した。

なお、H28 地震前後におけるダム周辺の水質変化をみると、漏観施設において地震後に電気伝導度の低下が確認された。この期間に降水はなく、地震による地盤の変位に伴い水質の異なる水が流入した可能性が考えられる。

#### 6. まとめと今後の課題

大規模地震の発生に伴うダムの浸透流量の増減は、巨視的に見れば広域の地盤変位の影響を受けている可能性があり、地盤内の歪変位の方向が地下水流動に影響を与える可能性もあると考えられる。そのため、ダムの浸透流量は、安全管理・運用に際し非常に重要な指標であるが、評価の際には止水ラインだけでなく基礎岩盤内の地下水流動についても広く考察することが重要といえる。

また、漏観施設が 1 系統で評価の難しいダムにおける浸透流量の評価には、その原因として周辺からの浸透流量の変化を推定するために連続的に観測できる電気伝導度が有効な指標の一つとなり得る可能性がある。

今後、H23 地震後に浸透流量の増加が確認された東北農政局所管の複数のダムにおいて、本ダムと同様の検討を行い、大規模地震に伴う広域の地盤変位がダム浸透流量に与える影響について評価するとともに、電気伝導度等を活用した浸透流量の変動要因の評価手法についても検討を進めて参りたい。

#### 参考文献

- 1) 長谷川高士・村上章（1986）Kalman フィルタによるダム漏水量の予測，農土論集，No126，p1-8.
- 2) 北川有一・小泉尚嗣（2011）東北地方太平洋沖地震（M9.0）後 1 日間での地下水位・地下水圧・自噴量変化，活断層・古地震研究報告，No. 11，p. 309-318.